

Актуальні питання нафтогазової галузі

УДК 622.02

КОНТИНЕНТАЛЬНЕ НАУКОВЕ БУРІННЯ В УКРАЇНІ: ПРОБЛЕМИ І ЗАВДАННЯ

¹Е.М.Барановський, ²В.М.Мойсишин¹Комплексна лабораторія технології буріння та кріплення свердловин ПВ УкрДГРІ;
79018, м. Львів, вул. Тургенєва, 33; к. 45; тел. (032) 2373126; e-mail: pvukrdgri@mail.lviv.ua²ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42123;
e-mail: math@nung.edu.ua

Проанализированы результаты научного бурения на территории Украины при выполнении программы изучения глубинного строения континентальной земной коры, кратко изложены основные этапы ее проведения. Наряду с геологической геофизической информацией, полученной в результате научного бурения, были рассмотрены данные об экстремальных значениях параметров технологического процесса в условиях сложного напряженного состояния пород, высоких пластовых температур и давлений. Изложены основные направления создания принципиально новых элементов технологии и технических средств, направленных на дальнейший прогресс в области бурения с научными целями. Рассмотрены основные направления информации, полученной при бурении, использования глубоких скважин, которые могут стать важным элементом прогноза глобальных изменений окружающей среды и природных катастроф.

У пошуках нових джерел мінеральної сировини відзначено зростаючий інтерес людства до глибинного вивчення надр Землі. Воно почало відчувати свою повну залежність від природних ресурсів і стану довкілля. Стало зрозуміло, що тільки завдяки фундаментальним геологічним дослідженням можна задовольнити потреби в мінерально-сировинних ресурсах, знайти шляхи попередження природних катастроф і здійснювати прогноз глобальних змін навколишнього середовища.

Протягом останніх десятиліть ХХ ст. у колишньому Радянському Союзі виконувалась досить масштабна програма вивчення глибинної будови континентальної земної кори. Успіхи у розвитку технології буріння дали змогу створити принципово новий засіб її вивчення – наукове глибоке і надглибоке буріння. Воно стало важливим елементом загального процесу

In the article the results of scientific boring in territory of Ukraine are parsed at execution of the program of learning of a depth constitution of a continental earth-crust, the main stages of its holding are briefly explained. Alongside with the geologic-geophysical information obtained as a result of scientific boring, the datas on extremes of parameters of the technologic process in conditions of a complex tension of formations, high tabular temperatures and pressure a reviewed. The reference directions of creation in essence of new units of the technology and technique equipments in the direction of progress of boring with the scientific purposes are explained. The reference directions of the information obtained at boring, usage of deep wells are reviewed, which one can become the relevant unit of the forecast of global changes of environment and natural catastrophes.

геологічних досліджень, призначеним для перевірки основних геологічних гіпотез та отримання в комплексі з іншими геолого-геофізичними методами нових фактичних даних про будову і еволюцію Землі, її мінерально-сировинні ресурси.

На рис. 1 подано узагальнену схему об'єктів і методів наукового буріння, при цьому під науковим бурінням розуміється буріння свердловин будь-якої глибини з науковими цілями [1]. У вивченні глибинної будови території України, як і інших республік колишнього СРСР, можна виділити три етапи.

Перший етап охоплює 60-ті роки минулого століття, коли формувались завдання, здійснювалась наукова підготовка, створювались технічні засоби для надглибокого буріння та геолого-геофізичні дослідження у свердловинах на глибинах до 7 км. У 1965 р. була затверджена



Рисунок 1 — Основні об'єкти і типи наукового буріння

програма з проблеми “Вивчення надр Землі і надглибоке буріння”. Програма передбачала три основні групи завдань: вивчення будови і еволюції різних типів крупних геологічних структур; вивчення умов рудо-і нафтогазоутворень і закономірностей розміщення родовищ корисних копалин; розвиток нових технічних засобів і технологій глибинного вивчення надр Землі [2].

Другий етап припадає на 70-ті роки, впродовж яких проводилось експериментальне буріння надглибоких свердловин і дослідження окремих регіонів з використанням глибинних геофізичних методів. Програма робіт передбачала розробку моделі будови земної кори і верхньої мантії, а також нових методів прогнозу родовищ корисних копалин, складання прогнозних карт з кількісним оцінюванням запасів, визначенням напрямків пошукових і розвідувальних робіт на основні види корисних копалин у перспективних районах країни.

Третій етап, що розпочався у 1981 р., знаменує собою перехід до планового комплексного вивчення земної кори і верхньої мантії на всій території колишнього Радянського Союзу. На території України було пробурено 6 свердловин, з яких успішно закінчено 4 (табл. 1). Першою надглибокою свердловиною, пробуреною в Україні, була свердловина Луги-1.

На сьогодні організацією, яка здійснює в Росії наукове буріння і комплексне дослідження свердловин в континентальній земній корі є Державне науково-виробниче підприємство “Недра”. На жаль в Україні такої організації, яка б здійснювала вказані роботи, немає.

Особливе місце у вивченні глибинної будови Землі займає Кольська надглибока свердловина (СГ-3), яка пробурена у кристалічних породах і досягла рекордної позначки 12262 м. Інформація, яка отримана нею, багато в чому змінила існуючу уяву про будову і еволюцію земної кори. В результаті буріння доведена неприйнятність прийнятої раніше відносно простої товстошаруватої моделі земної кори. Встанов-

Таблиця 1 — Основні етапи глибокого наукового буріння в Україні

Свердловина	Глибина, м факт проект	Час буріння, роки початок закінчення	Прикладна спеціалізація
Луги-1	$\frac{6260}{6000}$	$\frac{1967}{1972}$	Нафта, газ
Шевченкове-1	$\frac{7520}{7000}$	$\frac{1969}{1975}$	Нафта, газ
Синьовидне-1	$\frac{7001}{6800}$	$\frac{1971}{1977}$	Нафта, газ
Мукачівська-1	$\frac{4230}{4000}$	$\frac{1983}{1984}$	Гео-термія
Криворізька СГ-8	$\frac{5382}{12000}$	$\frac{1984}{1984}$	Fe
Дніпрово-Донецька	$\frac{6915}{8000}$	$\frac{1987}{1987}$	Нафта, газ

лено складний характер регіонального метаморфізму древніх комплексів і доведено, що внутрішня будова метаморфізованих товщ зберігається на всьому пробуреному інтервалі розрізу [3].

Буріння надглибокої свердловини Шевченкове-1 дало змогу вивчити розріз крейдяних відкладів Скибової зони Карпат і оцінити перспективи його нафтогазоносності. Однак слід зазначити, що при досягнутій глибині 7520 м свердловина Шевченкове-1 не вирішила низки важливих питань глибинної будови прогину, що має важливе значення для подальшого розвитку пошукових робіт [4].

Найбільш несподіваним результатом буріння глибоких свердловин у нафтогазоносних осадових басейнах і промислових рудних районах стало те, що практично жодна з них не тільки не підтвердила відповідний прогнозний розріз, але в ряді випадків отримана інформація заперечила сталу уяву про тип рудовмісних структур і моделі екстраполяції їх у глибину. Так, проходка Криворізької і Кольської свердловин спростувала геологічну версію про синклінальну будову протерозойських структур, які вміщують Cu-Ni і Fe-рудні родовища і переконливо довела їх рифтогенну природу. Фактичні дані дозволили по-новому підійти до аналізу гіпотез про джерела рудних компонентів, механізму їх концентрації і розсіювання.

Суттєво уточнено діапазон глибин знаходження і форм локалізації вуглеводнів в осадових басейнах: найбільш глибокі промислові поклади нафти виявлені на глибині 6530 м (родовища Лейк-Бор і Лейк-Вашінгтон, США), а газу – 8088 м (Мейфілд, США). Різновікові і різнотипні рудні накопичення і зони мінералізації виявлено на різних поверхнях консолідованої кори до глибини 10,5 км [1].

Встановлено, що числові значення фізичних характеристик гірських порід, які повинні були б зменшуватися з глибиною (тріщинуватість, пористість, об'ємна густина, водостій-

Таблиця 2 — Особливості буріння надглибоких свердловин

Особливості глибоких свердловин, що буряться з науковими цілями	Інформація, отримана в процесі буріння і дослідження свердловин	Результати впливу геологічних факторів на свердловину	Технічні наслідки особливостей стану свердловини
Дефіцит геологічної інформації про розріз і умови проводки	Суттєво відрізняється від проектної	Невідповідність проектної і фактичної конструкції свердловини	Необхідність коригування технології в процесі поглиблення свердловини
Екстремальні умови проводки	Складний напружений стан гірських порід – сума літостатичного тиску, який змінюється за величиною і напрямком тектонічного напруження і внутрішньопластових напружень (внутрішньопорового, температурного тощо). Неоднорідність міцнісних властивостей і стійкості розрізу як результат петрографічної неоднорідності чергування щільних і розуцільнених порід, різноорієнтованого неузгодженого залягання шарів різної флюїдонасиченості порід і зон розривної тектоніки	Формування еліпсного стовбура з поперечними розмірами, які перевищують діаметр долота	Ріст сил опору переміщенню і обертанню бурильної колони
		Обвали стінок свердловини, руйнування керна	Труднощі виносу вибуреної породи в кавернозному стовбурі при обмеженій продуктивності насосів
		Дискування керна	Погіршення виносу керна з глибиною
Збільшення температури з глибиною. Наявність аномальних пластових тисків на фоні збільшення пластового тиску з глибиною		Самовільна зміна траєкторії і викривлення стовбура свердловини	Труднощі керування траєкторією стовбура свердловини
			Жорсткіші вимоги до термостійкості технічних засобів для буріння, випробування і дослідження свердловин

кість, водоносність і т.п.) різко зростають, а числові значення функціонально пов'язаних з ними інших ознак (міцність, швидкість пружних хвиль, теплопровідність та т.п.), навпаки, синхронно зменшуються на глибоких горизонтах осадових басейнів.

По-новому оцінюється роль підземних вод в загальній еволюції земної кори. Отримано пояснення цілому ряду відомих, але раніш непояснених фактів, зокрема наявність надлишкових напружень і тисків в породних масивах, які не відповідають вазі товщ, що їх перекривають, “протиція” глинистих товщ ущільненню при заглибленні їх на великі глибини з перетворенням їх із традиційних “екранів” у колектори вуглеводневої сировини.

Поряд з геолого-геофізичною інформацією, одержаною в результаті наукового надглибокого буріння, були отримані дані про екстремальні значення параметрів технологічного процесу в умовах складного напруженого стану гірських порід, високих пластових температур і тисків.

З'ясувалось, що в цих умовах формується еліпсний, близький до щілиноподібного стовбур з поперечними розмірами, які перевищують діаметр долота. Мають місце обвали стінок

свердловин, утворення каверн, дискування і руйнування керна, самовільне скривлення стовбура свердловин. Зазнала змін і відома закономірність зниження з глибиною механічної швидкості буріння і проходки на долото. Фактично механічна швидкість буріння знижується до певної глибини, а потім поступово починає зростати.

Результатом впливу цих ефектів на технологію буріння став ріст сил опору обертанню бурильної колони, складність керування траєкторією стовбура свердловини, зниження виходу і погіршення якості керна, проблеми з виносом вибуреної і обвалюваної породи тощо (табл. 2). Для усунення наслідків цих явищ були розроблені нові елементи технології буріння. При бурінні свердловини Синьовидне-1 в інтервалі 0-4000 м були використані роторно-турбінні бури РТБ-640 і РТБ-394, а свердловину Шевченкове-1 в інтервалі 0-3000 м бурили шляхом проводки опереджувального пілот-стовбура з подальшим розширенням долотами і розширниками до діаметра 394 мм. Були розроблені керна відбірні пристрої магазинного типу, що дало змогу збільшити винос керна із крихких порід. Телеметрична система індикації частоти обер-

тання вибійних двигунів допомогла на ранній стадії розпізнавати заклинювання інструменту.

Серед інших елементів технології буріння слід відзначити технологію спуску і кріплення обсадних колон на великих глибинах. На момент прийняття рішення про спуск обсадної колони діаметром 245 мм на глибину 8-9 тис. м довжина відкритого стовбура свердловини СГ-3 досягла понад 10000 м. В результаті аналізу геолого-геофізичної інформації по стовбуру свердловини було вирішено спустити обсадну колону до глибини 8770 м. Спуск обсадної колони здійснювався чотирма секціями. Для спуску другої і третьої секцій було використано пристрій РСП-245 конструкції УкрДІРІ, який не потребує для роз'єднання обертання бурильної колони. Підвіска секції обсадних труб в цьому пристрої виконана на клинових сегментах, а роз'єднання обсадних і бурильних труб здійснюється при подачі бурильної колони вниз до зняття розтягуючого осьового зусилля, що діє на з'єднання під вагою секції. На свердловині Синьовидне-1 спущена зварна проміжна

колона діаметром 299 мм з використанням аналогічного пристрою. Відбувається модифікація технології, в основу якої було закладено поєднання бурильних труб із алюмінієвих сплавів і способу буріння вибійними двигунами, в зв'язку з чим на свердловині Шевченкове-1 турбінним способом бурили до рекордної в умовах Прикарпаття глибини 5500 м.

В таблиці 3 наведені основні елементи діяної в даний час технології буріння надглибоких свердловин, екстремальні умови їх буріння і дослідження, які обмежують використання цих елементів технології і можливі шляхи їх подолання. Вони базуються на розробках академічних, галузевих науково-дослідних установ як вітчизняних, так і країн СНД, а також на досвіді використання нових технологій зарубіжними фірмами.

Досвід роботи надглибоких свердловин, особливо Кольської свердловини, засвідчив, що можливості існуючих технологій обмежуються глибинами 10-12 км. Однак доцільність досягнення глибин, які перевищують цю межу, не

Таблиця 3 — Основні елементи технології буріння надглибоких свердловин

Елементи технології	Існуюча реалізація	Обмеження застосовності	Шляхи подолання обмежень
Руйнування гірської породи	Механічне обертове буріння	Недостатня ефективність	Комбіновані методи руйнування гірських порід
Привід породоруйнівного інструменту	Вибійні двигуни	Температура	Підвищення термостійкості
	Роторний		Підвищення міцності матеріалу труб
Зміна породоруйнівного інструменту і двигунів	Спуск і підйом бурильної колони	Зниження ефективної міцності бурильної колони в результаті:	
		зростання маси колони з глибиною	Компоновка рівномірної колони з використанням труб із легких сплавів і тонкостінних сталевих труб
		зростання температури з глибиною	Збільшення термостійкості матеріалу труб
		зростання сил опору переміщенню і обертанню бурильної колони із-за:	Підвищення мастильних властивостей промивальної рідини
		кривини стовбура	Попередження скривлення свердловини
		щільнопоподібної форми поперечного перерізу стовбура	Керування формою поперечного перерізу стовбура
Кріплення стінок свердловини	Спуск і цементування обсадних колон	Обмежена кількість обсадних колон	Підвищення стійкості стінок свердловини шляхом:
			удосконалення промивальних рідин
			закріплення ускладнених зон
		Зношення обсадних колон	Попередження скривлення свердловини
			Захист обсадних труб від зношення
			Зменшення кількості рейсів інструменту за рахунок:
			збільшення проходки на долото зменшення об'єму відбору керна

викликає сумнівів. Надглибоке буріння з нау- тому числі пов'язаних з переміщенням буриль-

Продовження таблиці 3

Елементи технології	Існуюча реалізація	Обмеження застосовності	Шляхи подолання обмежень
Видалення вибуреної породи	Промивка	Зростання тиску з глибиною	Підвищення міцності бурильних труб
		Складність очищення стовбура свердловини при наявності каверн	Розробка технологій і технічних засобів, які б попереджали каверноутворення
			Спуск обсадних колон
Відбір зразків гірських порід	Відбір керна	Зростання тривалості буріння і зношення обсадних колон в результаті обмеження проходки за довбання	Зменшення об'єму відбору керна за рахунок:
			дослідження шламу
			відбору зразків зі стінок свердловини
Керування траскторією стовбура свердловини	Використання жорстких або маятникових неорієнтованих компоновок	Низька ефективність	відбору керна без підйому труб
			Відбір зразків із збереженням пластичних умов
Створення протитиску на пласти-колектори	Регулювання густини промивальної рідини	Неможливість орієнтування з поверхні при великій глибині і малій жорсткості бурильної колони	Активні самоорієнтовані компоновки низу
		Наявність гідродинамічно несумісних інтервалів	Спуск і цементування обсадних колон
Випробування під час буріння	Використання жорстких або маятникових неорієнтованих компоновок з відхильними елементами	Коливання тиску при спускопідймальних операціях	Підйом інструменту з промиванням
		Низька ефективність роботи в умовах АВПТ, що пов'язана з промивальною рідиною, густина якої не узгоджується з величиною пластового тиску	Технологія та технічні пристрої для умов АВПТ

ковими цілями стимулює створення нових технологій і технічних засобів, акумулює досвід вітчизняний і зарубіжний, створює і зберігає кадри, які володіють теорією і практикою глибокого буріння. Успіхи глибокого буріння призвели до нових напрямків використання свердловин: прогноз землетрусів, захоронення і знищення відходів, використання тепла надр.

Подальший прогрес в області буріння з науковими цілями повинен спрямовуватись на створення і використання нетрадиційних принципів нових елементів технології і технічних засобів для їх реалізації, серед яких слід назвати:

– нові способи руйнування гірських порід, що розроблені на основі еволюційного розвитку існуючих способів;

– створення систем роторного буріння, які б усували ряд недоліків вибійних двигунів, у

ної колони у свердловині в режимі ковзання без її обертання, незадовільним очищенням вибою від шламу в режимі ковзання;

– забезпечення стійкості стінок свердловини завдяки визначенню найбільш прийнятної форми і розміру гірничої виробки;

– зняття обмежень, пов'язаних з міцністю бурильних колон і зношуваність обсадних труб, шляхом використання труб з нових матеріалів і способів їх полегшення;

– використання нових шляхів підвищення термостійкості геофізичної апаратури;

– застосування нових матеріалів для виготовлення обсадних труб і способів полегшення обсадних колон;

– нетрадиційні способи кріплення стовбура свердловини (наприклад буріння з одночасним кріпленням стовбура свердловини);

– комп'ютеризацію процесу буріння, розробку програмного забезпечення і експертних систем для його оптимізації.

Результати наукового буріння ще раз підтвердили високу значущість сучасних геологічних процесів не тільки для розуміння будови, але й історії розвитку континентальної земної кори. Оцінюючи актуальність, інформативність і технологічний рівень наукового буріння, Форум Мегасайенс ОЕСР [1] запропонував віднести його до меганаук і рекомендував розробити міжнародні проекти наукового буріння.

Висока інформативність наукового буріння дала змогу значно розширити коло геологічних завдань, які вирішуються з його допомогою. Проекти США, Німеччини, Японії і Франції передбачають буріння надглибоких свердловин з організацією на них геолaborаторій або геобсерваторій. При створенні глибинних геолaborаторій чи геобсерваторій на закінчених бурінням надглибоких свердловинах останні являють собою принципово новий технічний засіб вивчення геологічного середовища та особливостей сучасних процесів, що відбуваються в них, і можуть стати важливим елементом прогнозу глобальних змін і природних катастроф.

Фактично обговорюються два напрямки використання глибоких свердловин [3]. Перший передбачає використання стовбура глибокої свердловини як довгострокової геобсерваторії з вивчення варіацій переважно фізичних полів і вважає недопустимим одночасне використання штучних джерел полів. Другий напрямок передбачає використання штучно керованих джерел полів. Таким чином, геолaborаторія передбачає вирішення більш широкого кола завдань, ніж геобсерваторія. Вона має на меті такі цілі:

- вивчення геологічної будови і еволюції земної кори і планети Земля;
- дослідження природи і просторово-часової варіації геофізичних полів і меж;
- екологічний моніторинг довкілля;
- розвиток нових технологій глибинних досліджень і надровикористання.

Як видно з табл. 2 на даний час в Україні немає жодної свердловини, яка б займалась проблемами наукового буріння. Проведена ре-

форма геологічної галузі країни та обмеження коштів призвели до того, що з порядку денного зникла досить добре обґрунтована проблема глибокого наукового буріння. Очевидно з появою коштів до неї необхідно повернутися. В цьому плані можна було б скористатись досвідом робіт, які проведені в Росії [5]. Однією з її особливостей є фінансування найбільш наукоємних робіт загальногеологічного призначення з державного бюджету. Координує ці роботи міжвідомча наукова рада з проблеми "Континентальне наукове буріння та нетрадиційне використання надр Росії".


І, нарешті, про проблему утилізації і збереження відходів виробництва, включаючи і високорадіоактивні тверді відходи. Світовий досвід її вирішення дає підстави для постановки спеціальних геологічних досліджень з допомогою глибокого наукового буріння в районах проектування довгострокових сховищ відходів.

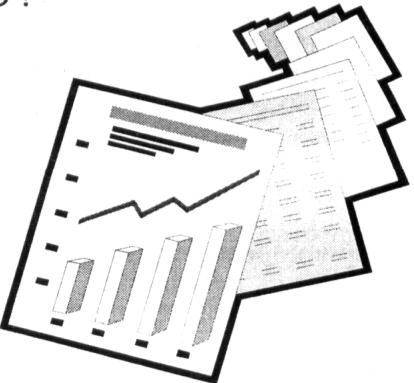
Література

1. Хахаев Б.Н., Повзнер Л.А., Кременецкий А.А. Континентальное научное бурение в России, состояние и основные направления развития // Разведка и охрана недр. – 1994. – № 1. – С.2-13.
2. Кольская сверхглубокая. Исследование глубинного строения континентальной коры с помощью бурения Кольской сверхглубокой скважины. – М.: Недра, 1984. – 490 с.
3. Кольская сверхглубокая. Научные результаты и опыт исследований. – М.: МФ «Технонефтегаз», 1998. – 260 с.
4. Андрейчук И.С., Бабак В.К., Боднарчук Т.М. и др. Опыт бурения сверхглубокой скважины. – К: Техніка, 1975. – 103 с.
5. Орлов В.П., Оганесян Л.В. Минерально-сырьевая база России: единство науки и практики // Наука в России. – 1996. – № 4. – С.4-9.

МІСЦЕ ВАШОЇ РЕКЛАМИ

МИ ЧЕКАЄМО НА ВАС !





З питань виготовлення і розміщення реклами звертатися:
м. Івано-Франківськ, 76019, вул. Карпатська 15, ІФНТУНГ,
Редакція журналу "Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ", тел.: (03422) 42002, тел./факс: (03422) 42139,
ел. пошта: rozvidka@ifdtung.if.ua